

**PERANCANGAN VoIP MENGGUNAKAN OPENVPN PADA OS OPENWRT SEBAGAI
PENGAMAN JARINGAN ANTAR CLIENT**

Cokro Aminoto¹⁾, H. Muhammad Taqiyyuddin A²⁾, Oktriza Melfazen³⁾

21401053010

^{1),2),3)} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang

Jl. MT Haryono 193-Dinoyo-Lowokwaru-Malang

cokroaminoto635@gmail.com

ABSTRAKSI

Keamanan jaringan dengan VoIP yang tidak menggunakan OpenVPN sangat lemah dikarenakan banyak terjadi masalah noise atau gangguan dalam berkomunikasi suara, serta VoIP mudah disadap dan direkam percakapan suaranya, tapi jika VoIP yang menggunakan OVPN sudah cukup aman, dikarenakan paket data suara yang digunakan sudah menjadi UDP. Alat ini dikenal dengan nama VoIP (Voice Over Internet Protocol) menggunakan aplikasi Asterisk yang diinstall pada OS OpenWRT dan juga OVPN sebagai pengaman jaringan antar client, dalam pengamanan VoIP, OVPN berperan penting didalam sebuah router dengan sistem operasi OpenWRT dengan memasukan sebuah coding private key yang diketahui oleh client yang sudah diizinkan oleh server. Untuk masalah performansi, kecepatan data transfer atau data VoIP stabil, dikarenakan jangkauan lingkup satu kampus saja, serta IP Address yang digunakan bisa di akses dalam satu kampus, tergantung kecepatan akses internet, untuk kecepatan 100 Mbps performansi data suara yang dihasilkan adalah stabil karena memanfaatkan IP Address kampus unisma. Hasil pengujian didapatkan bahwa pada masing-masing komponen, seperti jangkauan Wi-Fi router, kekuatan transfer, dan daya tahan perangkat keras dapat bekerja dengan hasil secara kuantitatif yaitu kecepatan 100 Mbps, pengguna yang dapat terhubung pada router untuk dapat saling berkomunikasi dapat menampung pengguna sebanyak 10 unit perangkat dengan koneksi wireless (Wi-Fi) tanpa mengalami kendala apapun.

Kata kunci: Voice Over Internet Protocol, Asterisk, OpenWRT, OVPN

BAB 1

PENDAHULUAN

Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) merupakan sebuah perangkat lunak jaringan komputer yang terdapat dalam suatu sistem dan memungkinkan komputer satu dengan komputer lain melakukan transfer data dalam satu grup *network* / jaringan. TCP (*Transmission Control Protocol*) dan IP (*Internet Protocol*). saat ini semakin dibutuhkan sehingga banyak pihak yang melakukan pengembangan, salah satunya sebagai *voice transmitter* atau pemancar suara.

Voice over Internet Protocol (juga disebut VoIP, *IP Telephony*, *Internet telephony* atau *Digital Phone*) adalah teknologi yang memungkinkan percakapan suara jarak jauh melalui media internet. Data suara diubah menjadi kode digital dan dialirkan melalui jaringan yang mengirimkan paket-paket data dan bukan lewat sirkuit analog telepon biasa.

VoIP adalah suara yang dikirim melalui *Internet Protocol* (IP). Penggunaan jaringan IP memungkinkan penghematan biaya, karena tidak perlu membangun sebuah infrastruktur baru untuk komunikasi suara dan penggunaan lebar data (*bandwidth*) yang lebih kecil dibandingkan telepon biasa. Penggunaan teknologi VoIP yang lebih efisien akan semakin dipermudah karena dapat digabungkan dengan jaringan telepon lokal yang sudah ada.

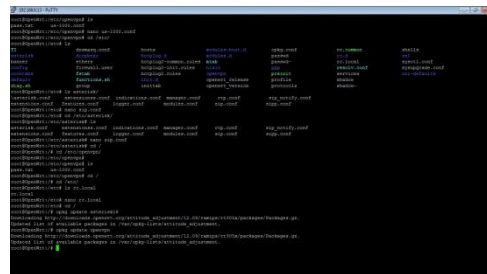
Setiap individu dapat membangun dan mengembangkan infrastrukturnya secara mandiri, dikarenakan penggunaan sistem operasi berbasis *openwrt* memanfaatkan aplikasi *Asterisk* yang memang dikhususkan untuk menangani VoIP. Penggunaan teknologi VoIP sangat menguntungkan bagi penggunaannya. namun, penggunaan komunikasi yang murah dari sisi keamanan kurang begitu diperhatikan. Oleh karena itu keamanan ketika melakukan komunikasi suara merupakan sesuatu yang sangat penting karena menyangkut privasi penggunaannya. Penggunaan VPN (*Virtual Private Network*) merupakan salah satu alternatif untuk mengirimkan *voice*, yang bersifat *private* atau aman, karena penggunaan koneksi yang telah terenkripsi serta penggunaan *private keys*, *username* atau *password* untuk melakukan autentikasi

dalam membangun koneksi. Bahasan dalam penelitian ini antara lain;

- Bagaimana membangun OPENVPN sebagai keamanan jaringan internet antar *client* ?
- Bagaimanakah performansi data VoIP yang dihasilkan ketika ditambahkan VPN?
- Seberapa besar pengaruhnya VPN terhadap keamanan VoIP?

DASAR TEORI

OpenVPN adalah aplikasi open source *Virtual Private Networking* atau disingkat (OVPN) , dimana aplikasi tersebut bekerja membuat sambungan PTP Tunnel (*point to point tunnel*) yang telah terenkripsi. OpenVpn menggunakan *private keys*, *certificate*. lebih jelasnya nama/*password* atau file profile ber-ekstensi *ovpn* untuk melakukan autentikasi dalam membangun sebuah koneksi.



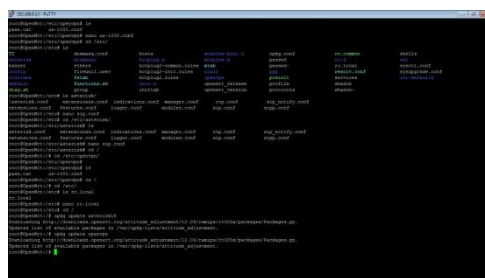
Gambar : Sistem OVPN

Sumber : Perancangan

VoIP (*Voice over Internet Protocol*) merupakan teknologi yang mampu mengirimkan data suara dan video melalui jaringan *internet protocol* (IP). Berbeda dengan teknologi (*Global Sistem Mobile*) GSM, VoIP tidak menggunakan teknik *circuit switching* tetapi menggunakan teknik *packet switching*. VoIP memanfaatkan infrastruktur *internet* yang sudah ada untuk berkomunikasi seperti layaknya menggunakan telepon biasa namun dengan biaya yang lebih rendah untuk berkomunikasi dengan pengguna VoIP lainnya kapan saja dan dimana saja .

OpenWRT adalah sistem operasi (khususnya, sebuah sistem operasi *embedded*) berbasis *kernel Linux*, terutama digunakan pada perangkat tertanam untuk lalu lintas jaringan rute. Komponen utama adalah *kernel Linux*, *util-linux*, *uClibc* atau *musl*, dan *BusyBox*.

Asterisk adalah software implementasi dari telepon private branch exchange (PBX) yang memungkinkan telepon yang tersambung untuk melakukan panggilan ke satu sama lain, dan untuk terhubung ke layanan telepon lainnya. Asterisk dirilis dengan model lisensi ganda, menggunakan GNU General Public License (GPL) sebagai lisensi perangkat lunak bebas dan lisensi perangkat lunak proprietary untuk mengizinkan pemegang lisensi untuk mendistribusikan proprietary, komponen sistem yang tidak dipublikasikan.

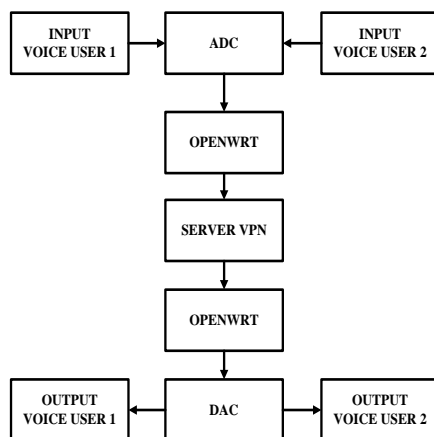


Gambar : Sistem Asterisk

Sumber : Perancangan

METODOLOGI PENELITIAN

a) Blok Diagram Sistem



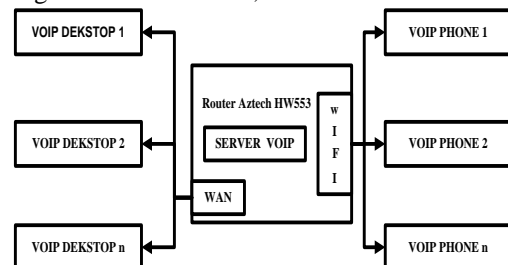
Gambar 1 Blok Diagram Sistem

Sumber : Perancangan

Pada diagram blok gambar 1 *Voice* / suara akan dikirim ke server setelah melewati ADC (*Analog to Digital Converter*) yang tugasnya adalah mengolah suara analog menjadi digital. Setelah *Voice* yang telah diubah menjadi digital dikirim maka *Voice* akan diubah kembali menjadi Analog oleh DAC (*Digital to Analog Converter*) agar dapat didengar oleh indra pendengaran manusia. Selanjutnya proses DAC dan ADC akan di privasi pada server

Virtual Private Network (VPN) sebagai antisipasi keamanan data VOiP yang sedang berjalan.

Proses pengiriman data pada server dapat menggunakan *Wi-Fi* (*Wireless Fidelity*) maupun *WAN* (*Wide Area Network*) seperti yang bisa dilihat pada gambar dibawah ini ;



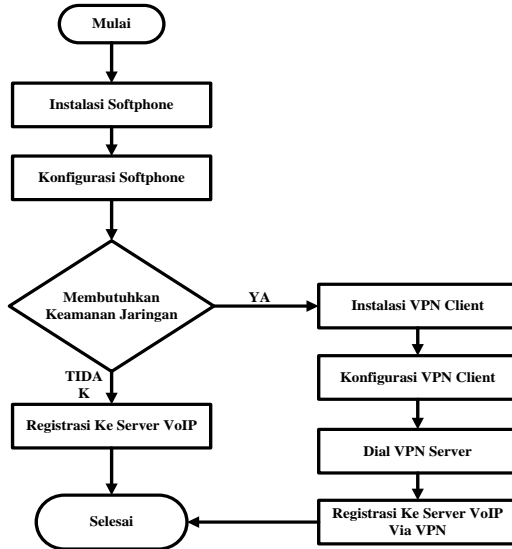
Gambar 2 Proses Pembagian Jaringan
Sumber: Perancangan

Database ServerVoice Over Internet Protocol berada di dalam Router HW553 yang memiliki *OutputWiFi* (*Wireless Fidelity*) internal, Juga mempunyai kabel LAN (*Local Area Network*) untuk dapat menghubungkan *devices* yang tidak dapat terhubung melalui WiFi.

Kabel LAN (*Local Area Network*) juga digunakan apabila router HW553 dirasa tidak dapat menghubungkan *client* yang cukup banyak dan berfungsi untuk menghubungkan Router HW553 ke router lain.

b) Diagram Alir Penyelesaian Masalah

Dalam menyelesaikan masalah perlu dibuat diagram alir penyelesaian masalah untuk mempermudah alur dalam mengetahui tahapan apa saja yang diperlukan untuk menyelesaikan permasalahan pada pembuatan skripsi ini.



Gambar 3 Diagram Alir Perancangan VoIP dengan Pengamanan VPN
Sumber : Perancangan

Gambar 3 merupakan diagram alir penyelesaian masalah untuk mempermudah alur dalam mengetahui tahap apa saja yang diperlukan untuk menyelesaikan penelitian ini dengan mengkonfigurasi instalasi softphone, konfigurasi softphone, instalasi VPN client, konfigurasi server, serta merubahsuara analog ke suara digital yang kemudian dikirim kepada lawan bicara melalui *asterisk* dengan tujuan sesuai alamat *IP* pengguna *VoIP* serta VPN sebagai pengamanan jaringan *VoIP*.

❖ Registrasi Ke Server VoIP

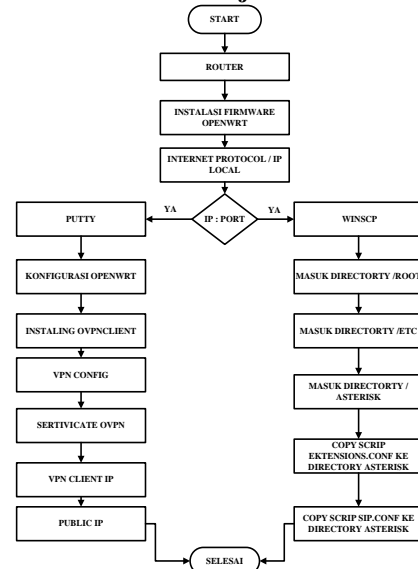
Dapat dikenali dalam Internet dengan mudah, sebab langsung terhubung dengan Internet tanpa perlu membutuhkan *proxy* tertentu, *server* khusus, atau ditranslasikan lewat NAT. Tapi Tingkat *security* yang lemah dan rentan diserang *hacker*, sebab *IP* ini akan diberikan sebagai alamat umum dan langsung terhubung ke Internet. Biaya registrasi yang mahal, sebab merupakan alamat *IP* eksternal dan seperti

kita tahu bahwa *IP* eksternal atau *public* sangat terbatas ketersediannya.

❖ Registrasi Ke Server VoIP melalui VPN

Untuk masalah *security*, *IP private* cukup terproteksi sebab tidak berhubungan langsung dengan *IP* eksternal / umum, sehingga sulit untuk diserang para hacker. Mengurangi biaya registrasi alamat *IP*, dengan cara membiarkan para pelanggan memakai alamat *IP* yang tidak terdaftar secara internal melalui suatu terjemahan ke sejumlah kecil alamat *IP* yang terdaftar secara eksternal. Tapi Tidak dapat terkoneksi dengan internet tanpa menggunakan *proxy server* khusus, dan perlu ditranslasikan dengan NAT (*Network Address Translator*).

c) Flowchart Cara Kerja Sistem



Gambar 3 Flowchart Cara Kerja Sistem Perancangan VoIP dengan Pengamanan VPN
Sumber : Perancangan

Gambar 3 merupakan flowchart Cara Kerja Sistem Perancangan untuk mempermudah alur dalam mengetahui tahap apa saja yang diperlukan untuk menyelesaikan penelitian ini dengan mengkonfigurasi Router, Putty, OPENWRT, OPENVPN, WINSXP serta merubah suara analog ke suara digital yang kemudian dikirim kepada lawan bicara melalui *Asterisk* dengan tujuan sesuai alamat *IP* pengguna *VoIP* serta VPN sebagai pengamanan jaringan *VoIP*.

Penjelasan flowchart cara kerja sistem diatas adalah sebagai berikut :

- OpenVPN adalah aplikasi open source untuk *Virtual Private Networking* atau disingkat (OVPN) , dimana aplikasi tersebut bekerja membuat sambungan PTP Tunnel (*poin to poin tunnel*) yang telah terenkripsi.
- OpenWRT adalah sebuah proyek *open source* untuk menciptakan sebuah sistem operasi gratis yang bisa diinstall (*embedded*) pada perangkat radio wireless.
- VPN atau *Virtual Private Network* adalah suatu koneksi antara satu jaringan dengan jaringan lainnya secara privat melalui jaringan publik (Internet).
- VoIP merupakan pengalaman panggilan berdasarkan Internet *Protocol/ IP* masing – masing pengguna jaringan.

ANALISIS SISTEM

System yang dibuat adalah sebuah server pengganti PBX (*Private Branch Exchange*). Dimana fungsi dari alat ini (VoIP) memungkinkan percakapan suara jarak jauh melalui media internet. Data suara diubah menjadi kode digital dan dikirim melalui jaringan bersama paket - paket data, dan bukan lewat sirkuit analog telepon biasa. Penyusunan OVPN sebagai program pengaman jaringan agar data yang lewat dalam VoIP bisa digunakan secara privasi atau terenkripsi.

a) Pengujian VoIP User 1 / VoIP Caller (Pemanggil)

Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh data dari *VoIP Caller* / pemanggil untuk mengetahui performa dari *VoIP Caller* seperti:

- lama waktu tersambunganya *VoIP Caller* / pemanggil ke *VoIP Receiver* / Penerima panggilan,
- *Buffer size* / jeda setiap pembicaraan yang dilakukan oleh *VoIP Caller* ke-*VoIP Receiver* pada beberapa *device* yang berbeda dengan menggunakan koneksi WLAN (*Wireless Local Area Network*) dan LAN (*Local Area Network*).
- Pengujian sudah langsung menggunakan OS OVPN

Untuk memperoleh hasil yang diharapkan, beberapa kali cara pasti

percobaan dengan hasil pengujian *VoIP User 1* yang tertera pada Tabel.

Tabel 1 Hasil *VoIP User 1 / VoIP Caller* pada jarak 10 Meter di Kantor Puskom, WT

VCT (VOIP dan OVPN)							
A to A		A to L		L to L		L/AkeKom p	
W T (s)	BS (s)	W T (s)	BS (s)	W T (s)	BS (s)	W T (s)	BS(s)
1	0,2	1	0,2	8	0,5	3	0,2
2	0,3	2	0,4	5	0,2	4	0,3
8	0,3	8	0,2	4	0,1	5	0,2
13	0,5	13	0,2	6	0,3	6	0,3
5	0,2	5	0,3	10	0,6	7	0,3
9	0,4	9	0,2	11	0,7	8	0,5
11	0,4	11	0,2	17	0,7	9	0,7
3	0,5	3	0,3	20	0,10	10	0,8
15	0,9	15	0,9	12	0,7	11	0,6
20	0,10	20	0,9	9	0,6	12	0,9

(waktu tersambung), BS (buffer size).

Dalam tabel 1 diatas dijelaskan bahwa dalam *voice caller test* atau pengujian VoIP menggunakan OVPN diperoleh macam – macam data transfer pada saat WT (waktu tersambung) dan BS (buffer size) melalui berbagai jenis perangkat atau device seperti; android , laptop dan komputer. Arti dari waktu tersambung yaitu bahwa antar pengguna user VoIP itu tersambung dalam satu ip address serta satu ip ovpn, kalau buffer size tersebut artinya waktu jeda disaat antar pengguna user sudah melakukan komunikasi melalui VoIP dengan Ovpn, dalam pengujian tersebut diterangkan bahwa keamanan data terletak pada jarak satu kampus saja, karena kecepatan data hanya 100 Mbps dan juga Ip Address untuk Ovpn juga disediakan hanya bisa diakses pada jarak dengan radius 50 m, keamanan tersebut berfungsi sebagai data yang dilakukan saat berkoneksi ke server bersifat privasi, data juga terenkripsi serta client yang terhubung ke server VoIP dibatasi.

Dalam tabel diatas juga dijelaskan pengujian dari jenis perangkat Android ke Android, Android ke Laptop, Laptop ke laptop, Laptop / Android ke komputer, pengaruh dalam pengujian jenis perangkat diatas terletak pada saat berkomunikasi,

pada saat berkomunikasi antara satu perangkat ke perangkat lainnya menghasilkan kecepatan suara yang berbeda, dalam artian berbeda tersebut yaitu waktu tersambung dan buffer size saat berkomunikasi seperti yang saya tulis di tabel diatas. untuk masalah performansi, kecepatan data transfer atau data VoIP sangatlah stabil karena sudah menggunakan OVPN dan IP Address juga sudah bersifat global artinya dalam satu kampus bisa diakses di setiap gedung – gedung tergantung koneksi internet nya saja mempunyai kecepatan data berapa, kalau yang saya terangkan dalam tabel diatas hanya sampai kecepatan 100 Mbps.

Tabel 2: Hasil *VoIP User 1 / VoIP Caller* pada jarak 20 Meter Di Kantor Fakultas Teknik , WT (waktu tersambung), BS (buffer size).

Dalam tabel 2 diatas dijelaskan bahwa dalam *voice caller test* atau pengujian VoIP menggunakan OVPN diperoleh macam – macam data transfer pada saat WT (waktu tersambung) dan BS (buffer size) melalui berbagai jenis perangkat seperti; android, laptop dan komputer.

Percobaan tersebut *Server VoIP* di install pada OS *OpenWRT*. Pada percobaan tersebut diperoleh hasil bahwa panggilan dapat tersambung setelah 10-20 dengan koneksi LAN ke Wifi / WLAN maupun LAN ke LAN dikarenakan Kabel LAN hanya dapat mentransferkan data sebesar 100 Mbps saja dan tidak lebih stabil dari koneksi WiFi. Sedangkan pengguna dengan koneksi Wi-Fi / WLAN dapat saling terhubung dengan lebih lancar yaitu 1-2 .

Buffer Size atau jeda suara yang ditransferkan oleh VoIP Caller ke VoIP Receiver adalah selama 0,2-0,3 untuk pengguna Wifi / WLAN. Sedangkan untuk koneksi LAN ke WLAN ataupun LAN ke Wi-Fi membutuhkan *Buffer Size* 0,5-0,7 .

- *VoIP Caller* maupun *VoIP Receiver* harus mendukung protokol H.263 dan H.263
- Untuk memperoleh Protokol H.263 aplikasi yang digunakan harus membeli dari pihak developer aplikasi.
- Fitur Text message mengalami crash atau noise dengan konfigurasi lain yang

menyebabkan fitur tersebut tidak dapat dijalankan.

- Memerlukan konfigurasi khusus dalam melakukan video call dan *text message*, dengan menambahkan coding-coding di dalam aplikasi asterisk.
- Port yang digunakan dalam *video call* dan *text message* juga berbeda dengan port suara.

pada jarak 50 meter signal yang diperleh 0 bar (Tidak Terhubung) sampai 1 Bar (*Low Connection*).

Fitur lain pada *VoIP* meliputi *Video Call* dan *Text Message / SMS* tidak dapat digunakan karena beberapa kendala sebagai berikut:

b) Pengujian VoIP User 2 / VoIP Receiver (Penerima)

Pengujian pada *VoIP User 2 / Penerima* panggilan *VoIP* ini dilakukan untuk mengetahui performa dari *VoIP User 2* apakah suara dari *VoIP 2* dapat didengar oleh *VoIP User 1* dan juga untuk mengetahui lama waktu dari *Buffer size* ketika *VoIP User 2* membalas panggilan dari *VoIP User*.

Tabel 3 Pengujian *VoIP User 2 / VoIP Receiver* pada jarak 10 Meter di Kantor Puskom

Percobaan pada *VoIP User 2 / VoIP Receiver* adalah dapat menerima dan mengirim data suara dengan lancar layaknya *VoIP User 1*, *Buffer Size* pada ke-dua pengguna baik *VoIP Caller* maupun *VoIP Receiver* memiliki *Buffer Size* rata – rata 0,2 – 0,3 dengan koneksi Wi-Fi (*Wireless Fidelity*). Hanya saja *Buffer Size* yang diperoleh untuk *VoIP* dengan Koneksi LAN (*Local Area Network*) masih memiliki *Buffer Size* yang cukup besar, yaitu 0,5 – 0,10 .

pada jarak 50 meter signal yang diperleh 0 bar (Tidak Terhubung) sampai 1 Bar (*Low Connection*) menyebabkan router tidak memperoleh koneksi yang stabil dan yang menyebabkan *VoIP* tidak dapat saling terhubung.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis sistem yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Dalam membangun OpenVPN diperoleh dengan cara menginstall software yang digunakan dalam OpenVPN di sistem operasi openwrt, selanjutnya dikonfigurasi dalam aplikasi

Voice Caller Test (VOIP dan OVPN)			
A ke A	A ke L	L ke L	L/A ke K
BS (s)			
0,2	0,2	0,5	0,2
0,3	0,4	0, 2	0, 3
0,3	0,2	0, 1	0,2
0,5	0,2	0, 3	0, 3
0,2	0,3	0, 6	0, 3
0,4	0,2	0, 7	0,5
0,4	0,6	0,8	0,7
0,1	0,2	0,11	0,8
0,9	0,8	0, 7	0,6
0,10	0,9	0, 6	0,9

Tabel 4 Pengujian *VoIP User 2 / VoIP Receiver* pada jarak 20 Meter Di Kantor Fakultas Teknik

Voice Caller Test (VOIP dan OVPN)			
A ke A	A ke L	L ke L	L/A ke K
BS (s)			
0,2	0,3	0,6	0,8
0,4	0,4	0, 2	0, 3
0,5	0,5	0, 1	0,2
0,5	0,2	0, 3	0, 3
0,2	0,7	0, 6	0, 3
0,4	0,8	0, 7	0,5
0,4	0,9	0,8	0,7
0,1	0,3	0,10	0,8
0,9	0,9	0, 7	0,6
0,10	0,9	0, 6	0,9

putty, aplikasi winscp, aplikasi asterisk dan aplikasi zoiper, perlu kita ketahui di dalam membangun OpenVPN yang harus disiapkan yaitu kapasitas router serta protokol yang digunakan harus support di software OpenVPN.

2. Untuk masalah performansi, kecepatan data transfer atau data *VoIP* sangatlah stabil karena sudah menggunakan OVPN dan IP Address juga sudah bersifat global artinya dalam satu kampus bisa diakses di setiap gedung – gedung tergantung kecepatan akses internet, untuk kecepatan 100 Mbps perfomansi data suara yang dihasilkan adalah stabil.
3. Pengaruh OVPN terhadap keamanan *VoIP*.
 - a) Keamanan *VoIP* yang tidak menggunakan OVPN sangat lemah, dikarenakan *VoIP* mudah disadap

dan direkam percakapan suaranya ,tapi jika VoIP yang menggunakan OVPN sudah cukup aman , dikarenakan paket yang digunakan sudah menjadi UDP. Begitupula dengan percakapan suaranya tidak bisa disadap ataupun di rekam ulang. Dalam pengujian data terletak pada jarak dengan radius 50 m.

- b) Dengan kecepatan data 100 Mbps dan pengaturan IP Address oleh OVPN hanya untuk diakses dalam lingkungan yang telah ditentukan, data suara yang di suarkan sebagai VoIP memiliki tingkat keberhasilan 100 %, di buktikan dengan koneksi lancar dalam setiap percobaan, data suara yang di komunikasikan tidak bisa di sadap.

SARAN

1. Dalam perancangan berikutnya perlu di konfigurasi ulang agar fitur pesan teks, panggilan video call, juga filter suara dapat disempurnakan agar komunikasi yang dilakukan dapat berjalan lebih lancar.
2. Kecepatan serta komunikasi data suara bisa ditingkatkan dengan cara meningkatkan kecepatan internet diatas 100 Mbps.
3. Perlu adanya tambahan Repeater atau penguat sinyal untuk menambah kekuatan dan jarak data dalam komunikasi suara VoIP.
4. Bila ingin menambahkan *video call* atau pesan text perlu ditambahkan protokol h263 yang merupakan standar kompresi video .

DAFTAR PUSTAKA

- A. Sukmaaji dan J. Juska. 2009. *"Aplikasi Network Inventory Collection System (NICS) Untuk Mendukung Perencanaan TI"*, Prosiding Seminar Nasional dan Teknologi Informasi (SNASTI), Surabaya, Indonesia, Des.2009.
- Comer, Douglas E. 2000. *" Computer Networks And Internets With Internet Applications "* 3rd. New Jersey. Prantice Inc.
- Harun Mukhtar, Syahril, dan K. Reski." *Penerapan Komunikasi VoIP menggunakan Asterisk Session Initiation Protocol pada Universitas Muhammadiyah Riau*", Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Muhammadiyah Riau.
- Huda Ahmad Wiladul 27 Oktober 2017. *" Rancang Bangun VoIP Menggunakan Aplikasi Asterisk Memanfaatkan OS OPENWRT"*.
- Jusak.2000. *"Perkembangan Internet Terkini, Peluang Usaha dan Kesiapan Sumber Daya Manusia "*, Makalah disajikan dalam Seminar Nasional yang diselenggarakan oleh Keluarga Alumni STIKOM dan Ikatan Profesi Komputer dan Informatika Jawa Timur. Surabaya, 2 November 2000.
- Lumanto, Rudi, dkk. 2010. *"Indonesia ICT 2010 Whitepaper"*. Pusat Data, Kementrian Komunikasi dan Informatika.
- Prasetyo Rizki Aris, 2010. *"Analisis dan Perancangan site-to-site Virtual Private Network (VPN) Berbasis IP Secuirty Menggunakan Mikrotik Router Operating System"*.
- Proakis, John G. 2001. *"Digital Communications"*, 4th Edition. New York, USA: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Purbo, Onno W. 2006. *" Buku Pegangan Internet Wireless dan Hotspot"*, Jakarta, Elex Media Komputindo.
- Qiang, Christine. 2009. *"Information and Communication for Development: Extending Readch and Increasing Impact"*. World Bank.
- Risnandar Mohammad (2016). Dengan judul *"Implementasi Voip Over Internet Protokol (VOIP) Berbasis Session Initiation Protocol (SIP) Berbantuan Briker Versi 1.4 Untuk Pengukuran Quality Of Service Pada Jaringan*

- Komputer di Fakultas Teknik UIKA Bogor*".
- S. Budi Eko. 2 Oktober 2012."Analisa Quality of Service (QoS) Voice Over Internet Protocol (VoIP) dengan protokol H.323 dan Session Initiation Protocol (SIP).Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika Vol.1 Nomor 2.
- Stalling, Willian. 2001. "*Data and Computer Communication, Person Education*" Asia.
- Tanenbaum, Andrew S. 2000. "*Computer Networks*". 3rd ed. New Jersey. Prantice Hall Inc.
- Waller R Bruce Iii, Ron Gilster. 2002. "*Wireless LANs End To End*" Hungry Nunds. Inc.
- Wahyono, Teguh. 2003. "*Prinsip Dasar dan Teknologi Komunikasi Data*".Yogyakarta: Graha Ilmu.